

IAP20 Rec'd PCT/PTO 21 FEB 2006

Vorrichtung zum Verdichten und/oder Verschweißen von elektrischen Leitern

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Verdichten und/oder Verschweißen von elektrischen Leitern, insbesondere zur Herstellung von Durchgangs- oder Endknoten von Litzen, umfassend eine erste Elektrode, von der ein Abschnitt eine erste Begrenzungsfläche eines die Leiter aufnehmenden Verdichtungsraum ist, der des Weiteren von einem eine zweite Begrenzungsfläche bildenden Abschnitt einer Gegenelektrode wie Amboss sowie zumindest einer weiteren von einem Begrenzungselement gebildeten dritten Begrenzungsfläche begrenzt ist, wobei von dem Begrenzungselement verschiebbar die Gegenelektrode ausgeht.

Aus der DE-A- 31 51 151 ist eine Ultraschallschweißvorrichtung bekannt, mit der erstmalig Leiter verschweißt werden können, ohne dass übliche die Knotenstellen umgebende Hülsen erforderlich sind. Hierzu werden die Leiter in einen Verdichtungsraum eingelegt, der von einem Abschnitt einer Sonotrode und einem Abschnitt einer Gegenelektrode - auch Amboss genannt- begrenzt ist.

In der EP-B- 0 143 936 wird eine Ultraschallschweißvorrichtung beschrieben, bei der ein Verdichtungsraum von vier Elementen begrenzt wird, um den Verdichtungsraum insbesondere in Höhe und Breite verstellen zu können. Hierzu sind neben der Sonotrode und der Gegenelektrode bzw. des Ambosses zwei seitliche Begrenzungselemente vorgesehen, von denen zumindest eines verstell- wie verschiebbar ist.

Der EP-B- 0 723 713 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kompaktieren und anschließenden Schweißen von elektrischen Leitern zu entnehmen, wobei nach dem Kompaktieren der Leiter eine charakteristische Größe des Verdichtungsraums gemessen wird, um sodann unter Zugrundelegung dieser Größe abgelegte Schweißparameter abzurufen.

Auch ist es bekannt, Leiter mittels Widerstands- bzw. Pressschweißung zu verbinden.

Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zu Grunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art derart auszubilden, dass insbesondere die von einer Schweißvorrichtung mit in zwei senkrecht zueinander verlaufenden Richtungen verstellbarem Verdichtungsraum gegebenen Vorteile unverändert beibehalten werden, gleichzeitig jedoch eine konstruktive Vereinfachung gegeben ist.

Zur Lösung des Problems sieht die Erfindung insbesondere vor, dass der Verdichtungsraum einen im Wesentlichen dreieckförmigen offenen Querschnitt aufweist, der von den relativ zueinander verstellbaren Abschnitten der ersten Elektrode, des Begrenzungselements und der Gegenelektrode umgeben ist, und dass die Gegenelektrode derart beim Verstellen des Begrenzungselementes zwangsgeführt ist, dass der ersten Elektrode naheliegender Rand der Gegenelektrode entlang der ersten Begrenzungsfläche unter Einhaltung eines konstanten oder nahezu konstanten Spaltes während des Verdichtens bzw. Verschweißens der Leiter verstellbar ist.

Abweichend vom vorbekannten Stand der Technik wird der Verdichtungsraum allein von drei zueinander verstellbaren Elementen umgeben, so dass sich eine kompakte Einheit ergibt. Gegebenenfalls kann zusätzlich ein Zwischenelement wie Zwischenplatte vorgesehen sein, insbesondere zwischen der ersten Elektrode und dem zu dieser verschiebbaren Begrenzungselement.

Zur Erzielung eines dreieckförmigen Querschnitts ist insbesondere vorgesehen, dass der die erste Begrenzungsfläche bildende Abschnitt der ersten Elektrode zur von der Gegenelektrode gebildeten zweiten Begrenzungsfläche einen Winkel  $\alpha$  mit  $\alpha \neq 90^\circ, 0^\circ$ , insbesondere  $30^\circ < \alpha < 60^\circ$  beschreibt und dass die zweite Begrenzungsfläche unter Einhaltung eines Spaltes in die erste Begrenzungsfläche übergeht.

Erfindungsgemäß verlaufen die Begrenzungsflächen von der ersten Elektrode und der Gegenelektrode in einem spitzen Winkel zueinander, wobei die Gegenelektrode entlang

der ersten Elektrode unter Einhaltung eines konstanten oder nahezu konstanten Spaltes verstellt wird.

Um ein diesbezügliches Verstellen mit konstruktiven einfachen Maßnahmen zu realisieren, kann die Gegenelektrode von dem seitlichen und in der Praxis vertikal verschiebbaren Begrenzungselement ausgehen, wie dies zum Beispiel beim Ultraschallschweißen aus der DE-C- 37 19 083 bekannt ist. Auf die diesbezügliche Offenbarung wird ausdrücklich verwiesen.

Beim Verringern des Querschnitts des Verdichtungsraums, also beim Verstellen des Begrenzungselementes entlang der ersten Elektrode wird gleichzeitig die Gegenelektrode zurückgefahren, wobei eine Zwangsführung derart erfolgt, dass die Gegenelektrode in Bezug auf ihren zur von der ersten Elektrode gebildeten ersten Begrenzungsfläche angrenzenden Randbereich einen konstanten oder nahezu konstanten Abstand einhält, dessen Abmessungen denen von veränderbaren Verdichtungsräumen her bekannten entsprechen. Die Zwangsführung kann dabei mechanisch oder motorisch gesteuert erfolgen.

Insbesondere ist vorgesehen, dass von der Gegenelektrode zumindest ein Vorsprung abragt, der mit zumindest einer zumindest abschnittsweise einer Kurve oder Geraden folgenden Führung, die ggf. auch als Nut- oder Kulissenschlitz ausgebildet sein kann, zusammenwirkt. Dabei weist die Zwangsführung zumindest abschnittsweise einen Verlauf auf, der dem der ersten Begrenzungsfläche entspricht, wodurch der konstante oder nahezu konstante Spalt zwischen der Gegenelektrode und der ersten Begrenzungsfläche sichergestellt ist.

In Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die von der Gegenelektrode gebildete zweite Begrenzungsfläche zu der von dem Begrenzungselement gebildeten dritten Begrenzungsfläche einen Winkel  $\gamma$  mit  $\gamma = 90^\circ$  oder  $\gamma > 90^\circ$  einschließt.

Insbesondere ist die Bewegungsrichtung der Gegenelektrode zu der des Begrenzungselementes derart gewählt, dass diese in Bezug auf den Verdichtungsraum einen

stumpfen Winkel einschließen, wodurch eine leichte Bewegbarkeit der Gegenelektrode sichergestellt ist. Der stumpfe Winkel kann zum Beispiel im Bereich zwischen  $91^\circ$  und  $93^\circ$  liegen.

Die erste Elektrode kann eine Sonotrode einer Ultraschallschweißvorrichtung sein. Es besteht aber auch die Möglichkeit, die erfindungsgemäße Lehre im Zusammenhang mit dem Widerstands- bzw. Pressschweißen zu nutzen. Somit können die erste Elektrode und die Gegenelektrode Elektroden einer Widerstandsschweißvorrichtung sein. In diesem Fall kann das Begrenzungselement aus elektrisch isolierendem Material bestehen. Alternativ besteht die Möglichkeit, dass zwischen dem Begrenzungselement und der ersten Elektrode ein elektrisch isolierender Spalt verläuft.

Sofern sich die Erfindung auf eine Ultraschallschweißvorrichtung bezieht, ist nach einem besonders hervorzuhebenden Vorschlag vorgesehen, dass sämtliche Begrenzungsflächen strukturiert sind, so dass bei der Ausbildung eines Knotens dieser ebenfalls voll umfangsseitig strukturiert ist.

Des Weiteren kann zur Erzielung einer gewünschten Geometrie des auszubildenden Knotens die erste Begrenzungsfläche in Bezug auf den Verdichtungsraum einen zumindest abschnittsweise konkaven Verlauf aufweisen. Eine entsprechende Geometrie muss sodann die Zwangsführung für die Gegenelektrode zeigen.

Um eine erste Elektrode bzw. Sonotrode mit hohen Standzeiten zu erzielen, ist vorgesehen, dass die erste Elektrode oder Sonotrode mehrere erste Begrenzungsflächen umfasst, wobei die erste Elektrode oder Sonotrode in ihrem die Begrenzungsflächen aufweisenden Bereich einen Querschnitt eines Vielecks wie Achtecks aufweist. Hierdurch ist eine optimale Nutzung der ersten Elektrode bzw. Sonotrode gegeben.

Des Weiteren ist vorgesehen, dass die Gegenelektrode derart zwangsgeführt ist, dass beim Einlegen der Leiter in den Verdichtungsraum die Gegenelektrode außerhalb des Verdichtungsraums verläuft. Hierdurch ist eine Vereinfachung des Einbringens der Leiter gegeben, da die Gegenelektrode zu einer Behinderung nicht führt. Dieses vollständi-

ge Zurückziehen der Gegenelektrode aus dem Verdichtungsraum kann ebenfalls durch die Zwangsführung erfolgen.

Um auszuschließen, dass ein herzustellender Knoten scharfe Kanten aufweist, sieht eine ebenfalls hervorzuhebende Ausgestaltung der Erfindung vor, dass der an dem Begrenzungselement angrenzende Rand der ersten Elektrode und/oder der an der Gegenelektrode angrenzende Rand des Begrenzungselementes und/oder der an der ersten Elektrode angrenzende Rand der Gegenelektrode derart geformt ist, dass der Querschnitt des Verdichtungsraums entsprechend abgerundete Ecke bzw. Ecken aufweist.

Insbesondere zeichnet sich die Erfindung auch durch ein Verfahren zum Kompaktieren und anschließenden Verschweißen von elektrischen Leitern wie Litzen aus, wobei die Leiter in einen in zwei sich schneidenden Richtungen zur Veränderung des Querschnitts verstellbaren Verdichtungsraum eingebracht und die Leiter durch Verkleinern des Querschnitts zunächst kompaktiert werden, wobei nach dem Kompaktieren eine charakteristische Größe des Verdichtungsraums ermittelt und unter Zugrundelegung der Größe in einem Speicher abgelegte Schweißparameter abgerufen und sodann die Leiter verschweißt werden. Dabei wird als Verdichtungsraum ein solcher mit einem eine Durchgangsöffnung für die Leiter bildenden im Wesentlichen dreieckförmigen Querschnitt mit drei Begrenzungsflächen verwendet, wobei während des Verschweißens jede auf die Leiter wirksame Begrenzungsfläche verkleinert wird. Als charakteristische Größe kann Länge einer Begrenzungsfläche quer zur Durchgangsöffnung des Verdichtungsraums gewählt werden.

Durch die diesbezüglichen Maßnahmen kann leiterquerschnittsunabhängig ein definiertes Schweißen durchgeführt werden, wobei insbesondere die Möglichkeit besteht, in willkürlicher Reihenfolge Leiter mit voneinander abweichenden Querschnitten nacheinander verschweißen zu können. Es wird durch die erfindungsgemäße Lehre ein selbstregulierender Schweißablauf ermöglicht, der durch eine definierte Kompaktierung der zu verschweißenden Leiter initiiert wird, wobei der Verdichtungsraum am Ende des Verdichtens unabhängig von den zu verschweißenden Leiterquerschnitten ein vorgegebenes Höhen-Breiten-Verhältnis aufweist. Anstellen des Höhen- und Breitenverhältnisses

kann selbstverständlich auch ein anderes Maß des Verdichtungsraums wie Länge einer Begrenzungsfläche quer zur Leiterlängsachse gewählt werden. Nach Abschluss der Vorverdichtung ist es sodann nur noch erforderlich, nach Erfassen der charakteristischen Größe die vorher abgespeicherten der charakteristische Größe zugeordneten Schweißparameter wie Schweißenergie, Schweißamplitude, Schweißzeit und/oder Schweißdruck abzurufen und zu applizieren.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen -für sich und/oder in Kombination-, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung von der Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung einer ersten Ausführungsform eines Verdichtungsraums einer Ultraschallschweißvorrichtung,

Fig. 2 eine zweite Ausführungsform eines Verdichtungsraums,

Fig. 3 eine dritte Ausführungsform eines Verdichtungsraums,

Fig. 4 einen Querschnitt durch einen Knoten,

Fig. 5 eine vierte Ausführungsform eines Verdichtungsraums,

Fig. 6 eine fünfte Ausführungsform eines Verdichtungsraums,

Fig. 7 eine sechste Ausführungsform eines Verdichtungsraums,

Fig. 8 eine Prinzipdarstellung einer ersten Ausführungsform einer Elektrodenanordnung einer Widerstandsschweißvorrichtung und

Fig. 9 eine zweite Ausführungsform einer Elektrodenanordnung einer Widerstandsschweißvorrichtung.

In den Figuren werden prinzipiell Elektrodenanordnungen von Ultraschallschweißvorrichtungen (Fig. 1 bis 7) und Widerstands- bzw. Pressschweißvorrichtungen (Fig. 8 und 9) dargestellt, mit denen elektrische Leiter wie Litzen verdichtet und verschweißt werden sollen, um z.B. Durchgangs- oder Endknoten herzustellen. Die Verdichtungsräume nach den Fig. 1 bis 7 werden dabei von Elementen einer Ultraschallschweißvorrichtung begrenzt, wie diese z. B. aus der EP-B- 0 723 713 oder der DE-A- 37 19 083 bekannt ist. Auf die entsprechenden Ausführungen insbesondere in Bezug auf die Funktion einer Ultraschallschweißvorrichtung wird nachdrücklich verwiesen.

Um eine optimale Verdichtung bzw. Verschweißung von Leitern 10 unabhängig von deren Querschnitt sicherzustellen, muss der jeweilige Verdichtungsraum auf den Querschnitt der Leiter 10 bzw. der Anzahl der Leiter 10 einstellbar sein. Dabei wurde erstmalig in der DE-A- 33 35 254 vorgeschlagen, einen Verdichtungsraum in zwei senkrecht zueinander verlaufenden Richtungen verstellbar auszubilden.

Sind nach dem Stand der Technik vier Elemente erforderlich, um einen Verdichtungsraum entsprechend verändern zu können, so sind nach der erfindungsgemäßen Lehre nur noch drei Elemente notwendig, die von Abschnitten einer Ultraschallschwingungen erzeugenden Sonotrode 12, einer Gegenelektrode - nachstehend Amboss 14 genannt - und einem seitlichen Begrenzungselement 16 gebildet werden.

Die Sonotrode 12 bildet dabei eine erste Begrenzungsfläche 18 eines Verdichtungsraums 20. Eine zweite Begrenzungsfläche 22 wird von dem Amboss 14 zur Verfügung gestellt, der verschiebbar von dem Begrenzungselement 16 ausgeht, das seinerseits eine dritte Begrenzungsfläche 24 zur Verfügung stellt.

Amboss 14 und Begrenzungselement 16 sind dabei in gewohnter Weise miteinander verbunden, wobei der Amboss 14 senkrecht zur Verschieberichtung (Pfeil 26) des Begrenzungselements 16 nach den Ausführungsbeispielen der Fig. 1, 2, 3, 5 und 7 ver-

stellbar ist, also in einer Art, wie diese z. B. der DE-A- 37 19 083 zu entnehmen ist. Die Bewegungsrichtung des Amboss 14 ist in Fig. 1 mit dem Bezugszeichen 28 gekennzeichnet.

Wie die Darstellung in Fig. 1 verdeutlicht, verläuft die Begrenzungsfläche 18 der Sonotrode 12 geneigt zu den Begrenzungsflächen 22, 24 des Ambosses 14 und des Begrenzungselementes 16. Somit weist der Verdichtungsraum 20 einen dreieckförmigen offenen Querschnitt auf. Dreieckförmig schließt dabei auch eine hiervon abweichende Geometrie wie in etwa Trapezform ein. Eine Spitze des Dreiecks bildet dabei Boden bzw. Bodenbereich des Verdichtungsraums 20.

Die Begrenzungsfläche 18 der Sonotrode 12 schließt zu der Begrenzungsfläche 22 des Amboss 14 einen Winkel  $\alpha$  ein, der vorzugsweise zwischen  $30^\circ$  und  $60^\circ$  liegt. Zwischen der Sonotrodenbegrenzungsfläche 18 und der Begrenzungsfläche 24 des Begrenzungselementes 16 verläuft ein Winkel  $\beta$ , der zwischen  $60^\circ$  und  $30^\circ$  liegen sollte. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 beschreibt die Begrenzungsfläche 22 des Ambosses 14 zu der Begrenzungsfläche 24 des Begrenzungselements 16 einen rechten Winkel.

Damit beim Verstellen der Verdichtungsraum 22, also beim Verdichten und Verschweißen der Leiter 10 ein gleichbleibender Abstand zwischen dem Amboss 14, d. h. dessen sonotrodennah verlaufendem Querrand 30 und der Begrenzungsfläche 18 der Sonotrode 12 eingehalten wird, wird beim Verstellen des Begrenzungselements 16 der Amboss 14 derart zwangsgeführt, dass Bewegungsrichtung (Pfeil 32) des Querrands 30 parallel zu der Begrenzungsfläche 18 verläuft. Dabei kann eine mechanische oder elektromotorische Zwangsführung erfolgen. Andere technisch gleichwirkende Lösungen sind gleichfalls möglich.

Rein prinzipiell ist hierzu nach Fig. 1 vorgesehen, dass von dem Amboss 14 ein Vorsprung 34 abragt, der mit einer Zwangsführung 36 zusammenwirkt, die ggf. als linienförmiger Vorsprung, als Kulissenschlitz o. ä. ausgebildet sein kann.



Die Zwangsführung 36 verläuft dabei parallel zu der Begrenzungsfläche 18 der Sonotrode 12 in dem Bereich, in dem der Amboss 14 mit seinem Rand 30 entlang der Begrenzungsfläche 18 während der Querschnittsveränderung des Verdichtungsraums 20 verstellt wird.

Um Leiter 10 in den Verdichtungsraum 20 problemlos einzulegen, wird das Begrenzungselement 16 angehoben. Durch den Verlauf der Zwangsführung 36 bedingt wird sodann der Amboss 14 vollständig aus dem Verdichtungsraum 20 zurückgezogen, wie durch den Verlauf der Zwangsführung 36 in Fig. 1 verdeutlicht wird.

Weitere Ausgestaltungen und Ausbildungen des erfindungsgemäß ausgebildeten Verdichtungsraums 20 sind den Fig. 2 bis 7 zu entnehmen, wobei für gleiche Elemente grundsätzlich gleiche Bezugszeichen benutzt werden.

Um einen Knoten umfangsseitig zu strukturieren, ist nach dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 der Verdichtungsraum 28 selbst umfangsseitig strukturiert, d. h. die Begrenzungsflächen 18, 22, 24 weisen eine Struktur in Form von Wellen, Waffeln, Rippen oder ähnliches auf. Die entsprechende Strukturierung ist mit dem Bezugszeichen 38 gekennzeichnet.

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass die Begrenzungsfläche 18 der Sonotrode 12 in Bezug auf den Verdichtungsraum 20 einen konkaven Verlauf aufweist. Dies soll durch die strichpunktierte Kurve 40 angedeutet werden. In diesem Fall muss entsprechend die Zwangsführung 36 einen angepassten Verlauf aufweisen (Kurve 42), damit sichergestellt ist, dass zwischen dem Amboss 14, d. h. seinem sonotrodennahen Quer- rand 30 und den durch die Kurve 40 symbolisierte Verlauf der Begrenzungsfläche weiterhin ein gleichbleibender Abstand gegeben ist.

Um zu ermöglichen, dass ein mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgebildeter Knoten 44 abgerundete Längskanten 46, 48, 50 aufweist, ist nach dem Ausführungsbeispiel der Fig. 3 vorgesehen, dass die Ränder von der Sonotrode 12, dem Amboss 14 und dem Begrenzungselement 16 einen in Richtung der jeweiligen angrenzenden Begren-

zungsfläche 18, 22, 24 einen gebogenen Verlauf aufweist. Die entsprechenden vorspringenden Randabschnitte sind in der Fig. 3 mit den Bezugszeichen 52, 54, 56 gekennzeichnet. Durch die Randabschnitte 52, 54, 56 bedingt weisen die Begrenzungsflächen 18, 22, 24 in Bezug auf den Verdichtungsraum 20 im Eckbereich einen konkaven Verlauf auf.

Mit anderen Worten sind die die Ecken des Verdichtungsraums 22 begrenzenden Queränder 52, 54, 56 der Begrenzungsflächen 18, 22, 24 als in Richtung der angrenzenden Begrenzungsfläche 18, 22, 24 sich erstreckende Vorsprünge ausgebildet.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 5 erstreckt sich zwischen der Sonotrode 12 und dem Begrenzungselement 16 ein Zwischenelement wie eine Zwischenplatte 58, die von der Vorrichtung ausgeht, also in Bezug auf den Verdichtungsraum 20 stationär ist. Durch diese Maßnahmen ergibt sich der Vorteil, dass der entsprechende Kantenbereich des dem Verdichtungsraum 20 zu entnehmenden verschweißten Knotens 44 abgeflacht ist.

Um eine reibungsarme Zwangsführung des Ambosses 14 zu ermöglichen, ist nach dem Ausführungsbeispiel der Fig. 6 – in übertriebener Darstellung – vorgesehen, dass der Amboss 14 nicht senkrecht zum Verstellweg 26 des Begrenzungselementes 16 verschiebbar ist, sondern unter einem Winkel  $\delta$ , der zwischen  $87^\circ$  und  $89^\circ$  liegen kann, ohne dass hierdurch die erfindungsgemäße Lehre verlassen wird. Durch diese Maßnahme ergibt sich der Vorteil, dass das Verstellen des Ambosses 14 beim Verkleinern des Querschnitts des Verdichtungsraums 20 mit weniger Kraftaufwand ermöglicht wird. Unabhängig hiervon wird jedoch sonotrodennaheliegender Querrand 30 des Ambosses 14 parallel zur Begrenzungsfläche 18 der Sonotrode 12 beim Verändern des Querschnitts des Verdichtungsraums 20 verstellt. Dies wird durch den Doppelpfeil 32 symbolisiert.

Wie bereits prinzipiell in der Fig. 6 angedeutet worden ist, kann die Sonotrode mehrere Begrenzungsflächen 18 aufweisen. Um eine optimale Nutzung zu ermöglichen, kann die

Sonotrode 12 in ihrem die Begrenzungsflächen 18 aufweisenden Bereich als Vieleck, insbesondere Achteck ausgebildet sein, wie sich dies aus der Fig. 7 ergibt.

Erfindungsgemäß und in Abweichung vom vorbekannten Stand der Technik wird der Verdichtungsraum 20 einzig und allein von drei zueinander verstellbaren bzw. in Schwingung versetzten Elementen begrenzt, und zwar in den Ausführungsbeispielen von der Sonotrode 12, der Gegenelektrode oder dem Amboss 14 sowie dem seitlichen Begrenzungselement 16. Sollte zusätzlich entsprechend dem Ausführungsbeispiel der Fig. 5 ein Zwischenelement 58 vorgesehen sein, so fällt eine solche Ausführungsform gleichfalls unter den Gedanken, dass der Verdichtungsraum 20 allein von drei Elementen derart begrenzt wird, dass im gewünschten Umfang der Verdichtungsraum in zwei senkrecht zueinander verlaufenden Richtungen verstellbar ist.

Dadurch, dass der Verdichtungsraum 20 eine Dreieckgeometrie aufweist, wobei eine Ecke des Dreiecks tiefster Punkt des Verdichtungsraums 20 ist, ergibt sich des Weiteren der Vorteil, dass problemlos auch eine geringe Anzahl von Leitern 10 verdichtet und verschweißt werden können, da diese auf Grund der Geometrie des Verdichtungsraums 20 quasi übereinander und nicht nebeneinander angeordnet werden. Es erfolgt demzufolge ein Stapeln der Leiter 10.

Des Weiteren können sämtliche Begrenzungsflächen 18, 22, 24 strukturiert sein, ein Vorteil, der bei den bekannten Ultraschallschweißvorrichtungen mit im Querschnitt verstellbarem Verdichtungsraum grundsätzlich nicht gegeben ist.

Durch die dreieckförmige Geometrie des Verdichtungsraums ist auch der Vorteil gegeben, dass die von der Sonotrode 12 gebildete Begrenzungsfläche 18 in Bezug auf den Verdichtungsraum nicht eben, sondern gekrümmt, vorzugsweise konkav, gegebenenfalls aber auch konvex ausgebildet sein könnte, da durch die Zwangsführung des Ambosses 14 sichergestellt ist, dass dieser zu der Begrenzungsfläche 18 einen konstanten oder nahezu konstanten Spalt beim Verstellen aufweist.

Des Weiteren verdeutlichen die Fig. 1 bis 3 und 5 bis 7, dass die von der Sonotrode 12 gebildete erste Begrenzungsfläche 18 zur Horizontalen geneigt verläuft und zwar unter dem Winkel  $\alpha$ .

Den Fig. 8 und 9 sind prinzipiell Elektrodenanordnungen einer Widerstands- bzw. Pressschweißvorrichtung zu entnehmen, um entsprechend der Erläuterungen zu den Fig. 1 bis 7 Leiter zu verschweißen. Dabei weisen die entsprechenden Elektroden eine entsprechende Zuordnung zur Bildung eines Verdichtungsraums im Wesentlichen dreieckförmigen Querschnitts aus, der veränderbar ist.

So ist in der Fig. 8 eine der Sonotrode 12 entsprechende erste Elektrode 112 mit schräg zu deren Längsachse verlaufender ersten Begrenzungsfläche 118 dargestellt. Der ersten Elektrode 112 ist eine Gegenelektrode 114 zugeordnet, die verschiebbar von einem als Begrenzungselement dienenden Isolator 116 ausgeht, wie die Pfeildarstellungen verdeutlichen. Die zweite Elektrode 114 bildet eine zweite Begrenzungsfläche 122 und das Begrenzungselement bzw. der Isolator 116 eine dritte Begrenzungsfläche 124 für einen von diesen zu begrenzenden Verdichtungsraum 120. Der Isolator 116 geht von einem Träger 130 aus, der unter Einhaltung eines Spaltes 132 zur ersten Elektrode 112 verstellbar ist (siehe Doppelpfeil 126).

Entsprechend der Fig. 9 kann der mit dem gleichen Bezugszeichen gekennzeichnete Verdichtungsraum 120 auch von insgesamt 3 Elektroden begrenzt sein, und zwar von der ersten Elektrode 112, der zweiten Elektrode 114 sowie einer den Isolator 116 nach Fig. 8 ersetzenden dritten Elektrode 134, die jedoch auf dem gleichen Potenzial wie die zweite Elektrode 114 liegt. Die dritte Elektrode 134 ist sodann über einen Isolator 136 mit dem Träger 130 entsprechend der Fig. 8 verbunden. Auch verläuft zwischen der ersten Elektrode 112 und der dritten Elektrode 134 ein elektrisch isolierender Spalt 138.

Mit entsprechenden Elektrodenanordnungen können Leiter mittels Widerstands- bzw. Pressschweißen verschweißt werden, um einen im Schnitt dreieckförmigen Durchgangs- oder Endknoten herzustellen. Dabei können die Elektroden 112, 114, 116, 134 bzw. deren Begrenzungsflächen 118, 122, 124 in ihren den Verdichtungsraum 120 be-

grenzenden Endbereichen in Richtung des Verdichtungsraums 120 sich erstreckende Begrenzungsråder aufweisen, um eine Scharfkantigkeit des Knotens auszuschließen.

Entsprechend der Fig. 8 und 9 verläuft die Begrenzungsfläche 118 der stationären Elektrode 112 geneigt zur Horizontalen entsprechend der Begrenzungsfläche 18 der Sonotrode 12.

Die erfindungsgemäßen Lehren bieten des Weiteren die Möglichkeit, einen selbstregulierenden Schweißablauf durchzuführen, da der Vorteil gegeben, dass dann, wenn nach dem Verdichten bzw. Kompaktieren der Leiter eine charakteristische Größe des Verdichtungsraums wie Höhe bestimmt wird, unmittelbar der Querschnitt des Verdichtungsraums mit der Folge bekannt ist, dass in einem Speicher abgelegte Schweißparameter unter Zugrundelegung der charakteristischen Größe abgerufen werden können, um einen optimalen Schweißprozess durchzuführen. Mit anderen Worten wird der Grundgedanke der Lehre der EP-B- 0 723 713 genutzt, jedoch einfacher durchgeführt.

## Patentansprüche

### Vorrichtung zum Verdichten und/oder Verschweißen von elektrischen Leitern

1. Vorrichtung zum Verdichten und/oder Verschweißen von elektrischen Leitern (10), insbesondere zur Herstellung von Durchgangs- oder Endknoten von Litzen<sup>2</sup>, umfassend eine erste Elektrode (12, 112), von der ein Abschnitt eine erste Begrenzungsfläche (18, 118) eines die Leiter aufnehmenden Verdichtungsraum (20, 120) ist, der des Weiteren von einem eine zweite Begrenzungsfläche (22, 122) bildenden Abschnitt einer Gegenelektrode (14, 114) sowie zumindest einer weiteren von einem Abschnitt eines Begrenzungselementes (16, 116) gebildeten dritten Begrenzungsfläche (24, 124) begrenzt ist, wobei von dem Begrenzungselement (16, 116) verschiebbar die Gegenelektrode (14, 114) ausgeht,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Verdichtungsraum (20, 120) einen im Wesentlichen dreieckförmigen offenen Querschnitt aufweist, der von den relativ zueinander verstellbaren Abschnitten der ersten Elektrode (12, 112), des Begrenzungselementes (16, 116) und der Gegenelektrode (14, 114) umgeben ist, und dass die Gegenelektrode derart beim Verstellen des Begrenzungselementes zwangsgeführt ist, dass der ersten Elektrode naheliegender Rand (30) der Gegenelektrode entlang der ersten Begrenzungsfläche (18, 118) unter Einhaltung eines konstanten oder nahezu konstanten Spaltes während des Verdichtens bzw. Verschweißens der Leiter (10) verstellbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der die erste Begrenzungsfläche (18, 118) bildende Abschnitt der ersten Elektrode (12, 112) zur von der Gegenelektrode (14, 114) gebildeten zweiten Begrenzungsfläche (22, 122) einen Winkel  $\alpha$  mit  $\alpha \neq 90^\circ$ ,  $0^\circ$  beschreibt und dass die zweite Begrenzungsfläche unter Einhaltung eines Spaltes in die erste Begrenzungsfläche übergeht.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der die erste Begrenzungsfläche (18, 118) bildende Abschnitt der ersten Elektrode (12, 112) zu der von dem Begrenzungselement (16, 116) gebildeten dritten Begrenzungsfläche (24, 124) einen Winkel  $\beta$  mit  $\beta \neq 90^\circ$ ,  $0^\circ$  beschreibt und dass die dritte Begrenzungsfläche unter Einhaltung eines Spaltes in die erste Begrenzungsfläche übergeht.
4. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die von der Gegenelektrode (14, 114) gebildete zweite Begrenzungsfläche (22, 122) zu der von dem Begrenzungselement (16, 116) gebildeten dritten Begrenzungsfläche (24, 124) einen Winkel  $\gamma$  mit  $\gamma = 90^\circ$  oder  $\gamma > 90^\circ$  einschließt.
5. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die von der ersten Elektrode (12, 112) gebildete erste Begrenzungsfläche (18, 118) zur Horizontalen unter einem Winkel  $\alpha$  bzw.  $90^\circ - \beta$  verläuft.
6. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Zwangsführung mechanisch oder motorisch gesteuert erfolgt.
7. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Gegenelektrode (14, 114) mit einer Zwangsführung zusammenwirkt, deren Verlauf in zumindest einem Abschnitt dem der ersten Begrenzungsfläche (18, 118) entspricht.
8. Vorrichtung nach vorzugsweise zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass sämtliche Begrenzungsflächen (18, 22, 24) strukturiert sind.

9. Vorrichtung nach vorzugsweise zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sämtliche Begrenzungsflächen (118, 122, 124) eben sind.
10. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sonotrode (12) mehrere Begrenzungsflächen (18) aufweist.
11. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Elektrode (12, 112) in ihrem die Begrenzungsflächen (18, 118) aufweisenden Bereich einen Querschnitt eines Vielecks wie Achtecks aufweist.
12. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Gegenelektrode (14, 114) derart zwangsgeführt ist, dass zum Einlegen der Leiter in den Verdichtungsraum (20, 120) die Gegenelektrode außerhalb des Verdichtungsraums verläuft.
13. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der ersten Elektrode (12, 112) und dem Begrenzungselement (16, 116) ein Zwischenelement (58, 158) wie eine Zwischenplatte verläuft.
14. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an das Begrenzungselement (16) angrenzender Rand (56) der ersten Elektrode (12, 112) und/oder an die Gegenelektrode (14, 114) angrenzender Rand (54) des Begrenzungselements (16, 116, 134) und/oder an die erste Elektrode angrenzender Rand (52) der Gegenelektrode derart geformt ist, dass der Querschnitt des Verdichtungsraums (20, 120) entsprechend abgerundete Ecken aufweist.



15. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die erste Elektrode (12) eine Sonotrode einer Ultraschallschweißvorrichtung ist.
16. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die erste Elektrode (112) und Gegenelektrode (114) Elektroden einer Widerstands- bzw. Pressschweißvorrichtung sind.
17. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Begrenzungselement (116) aus elektrisch isolierendem Material besteht.
18. Vorrichtung nach zumindest Anspruch 16,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zwischen dem Begrenzungselement (116) und der ersten Elektrode (112) ein elektrisch isolierender Spalt (132, 138) verläuft.
19. Vorrichtung nach zumindest Anspruch 16,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Begrenzungselement (134) auf elektrischem Potenzial der Gegenelektrode (114) liegt.
20. Vorrichtung nach zumindest Anspruch 16,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zwischen der ersten Elektrode (112) und dem Begrenzungselement (116, 134) ein aus elektrisch isolierendem Material bestehendes Zwischenelement verläuft.
21. Verfahren zum Kompaktieren und anschließenden Verschweißen von elektrischen Leitern wie Litzen, wobei die Leiter in einen in zwei sich schneidenden Richtungen zur Veränderung des Querschnitts verstellbaren Verdichtungsraum eingebracht und

die Leiter zum Verkleinern des Querschnitts zunächst kompaktiert werden, wobei nach dem Kompaktieren eine charakteristische Größe des Verdichtungsraums ermittelt und unter Zugrundelegung der charakteristischen Größe in einem Speicher abgelegte Schweißparameter abgerufen und sodann die Leiter verschweißt werden,

dadurch gekennzeichnet,

dass als Verdichtungsraum ein solcher mit einem eine Durchgangsöffnung für die Leiter bildenden im Wesentlichen dreieckförmigen Querschnitt mit drei Begrenzungsflächen verwendet wird und dass während des Verschweißens jede auf die Leiter wirksame Begrenzungsfläche verkleinert wird.

22. Vorrichtung nach Anspruch 22,

dadurch gekennzeichnet,

dass als charakteristische Größe Länge einer Begrenzungsfläche quer zur Durchgangsöffnung des Verdichtungsraums bestimmt wird.

**GEÄNDERTE ANSPRÜCHE**

[beim Internationalen Büro am 05. januar. 2005 (05.01.05) eingegangen,  
ursprüngliche Ansprüche 1-22 durch geänderte Ansprüche 1-12 ersetzt]

Ultraschallschweißvorrichtung zum Verdichten und/oder Verschweißen von elektrischen Leitern

1. Ultraschallschweißvorrichtung zum Verdichten und/oder Verschweißen von elektrischen Leitern (10), insbesondere zur Herstellung von Durchgangs- oder Endknoten von Litzen, umfassend eine Sonotrode (12), von der ein Abschnitt eine erste Begrenzungsfläche (18) eines die Leiter aufnehmenden Verdichtungsraums (20) ist, der des Weiteren von einem eine zweite Begrenzungsfläche (22) bildenden Abschnitt einer Gegenelektrode (14) sowie zumindest einer weiteren von einem Abschnitt eines Begrenzungselementes (16) gebildeten dritten Begrenzungsfläche (24) begrenzt ist, wobei der Verdichtungsraum (20) einen im Wesentlichen dreieckförmigen offenen Querschnitt aufweist, der von den relativ zueinander verstellbaren Abschnitten der Sonotrode (12), des Begrenzungselementes (16) und der Gegenelektrode (14) umgeben ist, und die Gegenelektrode derart beim Verstellen des Begrenzungselementes zwangsgeführt ist, dass der Sonotrode naheliegender Rand (30) der Gegenelektrode entlang der ersten Begrenzungsfläche (18) unter Einhaltung eines konstanten oder nahezu konstanten Spaltes während des Verdichtens bzw. Verschweißens der Leiter (10) verstellbar ist,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die durch den Abschnitt der Sonotrode (12) gebildete erste Begrenzungsfläche (18) zur Horizontalen geneigt verläuft, dass die von dem Begrenzungselement (16) gebildete dritte Begrenzungsfläche (24) vertikal verläuft und dass von dem Begrenzungselement verschiebbar die Gegenelektrode (14) ausgeht.
2. Ultraschallschweißvorrichtung nach Anspruch 1  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die erste Begrenzungsfläche (18) und die dritte Begrenzungsfläche (24) einen Winkel  $\beta$  mit  $30^\circ < \beta < 60^\circ$  einschließen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die von der Gegenelektrode (14) gebildete zweite Begrenzungsfläche (22) zu der von dem Begrenzungselement (16) gebildeten dritten Begrenzungsfläche (24) einen Winkel  $\gamma$  mit  $\gamma = 90^\circ$  oder  $\gamma > 90^\circ$  einschließt.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Zwangsführung mechanisch oder motorisch gesteuert erfolgt, wobei die Gegenelektrode (14) mit einer Zwangsführung zusammenwirkt, deren Verlauf in zumindest einem Abschnitt dem der ersten Begrenzungsfläche (18) entspricht.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass sämtliche Begrenzungsflächen (18, 22, 24) strukturiert sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Sonotrode (12) mehrere Begrenzungsflächen (18) aufweist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Sonotrode (12) in ihrem die Begrenzungsflächen (18) aufweisenden Bereich einen Querschnitt eines Vielecks wie Achtecks aufweist.
8. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Gegenelektrode (14) derart zwangsgeführt ist, dass zum Einlegen der Leiter in den Verdichtungsraum (20) die Gegenelektrode außerhalb des Verdichtungsraums verläuft.

9. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zwischen der Sonotrode (12) und dem Begrenzungselement (16) ein Zwischenelement (58) wie eine Zwischenplatte verläuft.
10. Vorrichtung nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass an dem Begrenzungselement (16) angrenzender Rand (56) der Sonotrode (12) und/oder an der Gegenelektrode (14) angrenzender Rand (54) des Begrenzungselements (16) und/oder an der Sonotrode angrenzender Rand (52) der Gegenelektrode derart geformt ist, dass der Querschnitt des Verdichtungsraums (20) entsprechend abgerundete Ecken aufweist.
11. Verfahren zum Kompaktieren und anschließenden Verschweißen von elektrischen Leitern wie Litzen, wobei die Leiter in einen in zwei sich schneidenden Richtungen zur Veränderung des Querschnitts verstellbaren von zumindest einer Fläche einer Sonotrode, einer Fläche einer Gegenelektrode und einer Fläche eines Begrenzungselements begrenzten Verdichtungsraum eingebracht und die Leiter zum Verkleinern des Querschnitts zunächst kompaktiert werden, wobei nach dem Kompaktieren eine charakteristische Größe des Verdichtungsraums ermittelt und unter Zugrundelegung der charakteristischen Größe in einem Speicher abgelegte Schweißparameter abgerufen und sodann die Leiter verschweißt werden,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Verdichtungsraum ein solcher mit einem eine Durchgangsöffnung für die Leiter bildenden im Wesentlichen dreieckförmigen Querschnitt mit drei von den Flächen der Sonotrode, der Gegenelektrode und dem Begrenzungselement gebildeten Begrenzungsflächen verwendet wird, wobei die Fläche der Sonotrode zur Horizontalen geneigt und die Fläche des Begrenzungselementes vertikal verläuft, dass die Leiter bei außerhalb des Verdichtungsraumes verlaufender Fläche der Gegenelektrode in den Verdichtungsraum eingebracht werden und dass wäh-

rend des Verschweißens jede auf die Leiter wirksame Fläche der Sonotrode, der Gegenelektrode und des Begrenzungselementes verkleinert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als charakteristische Größe Länge einer Begrenzungsfläche quer zur Durchgangsöffnung des Verdichtungsraums bestimmt wird.

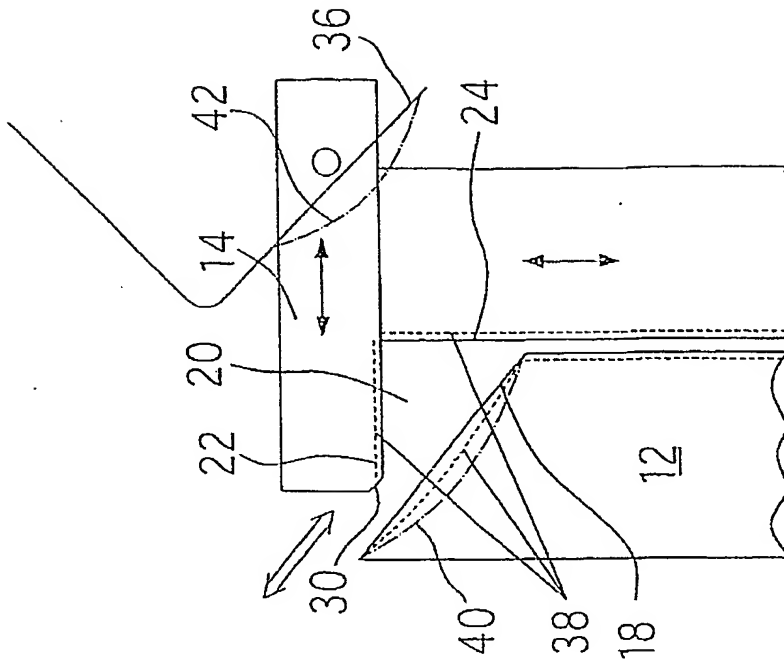


Fig. 2

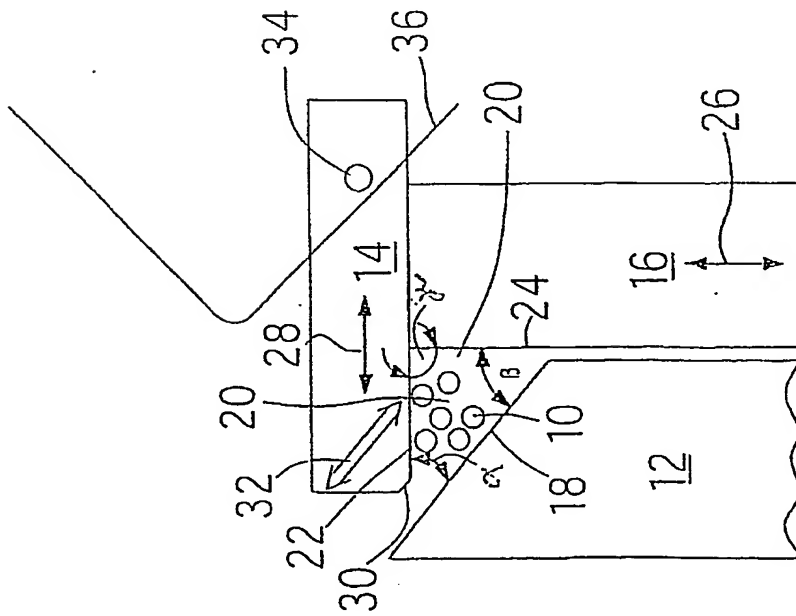


Fig. 1

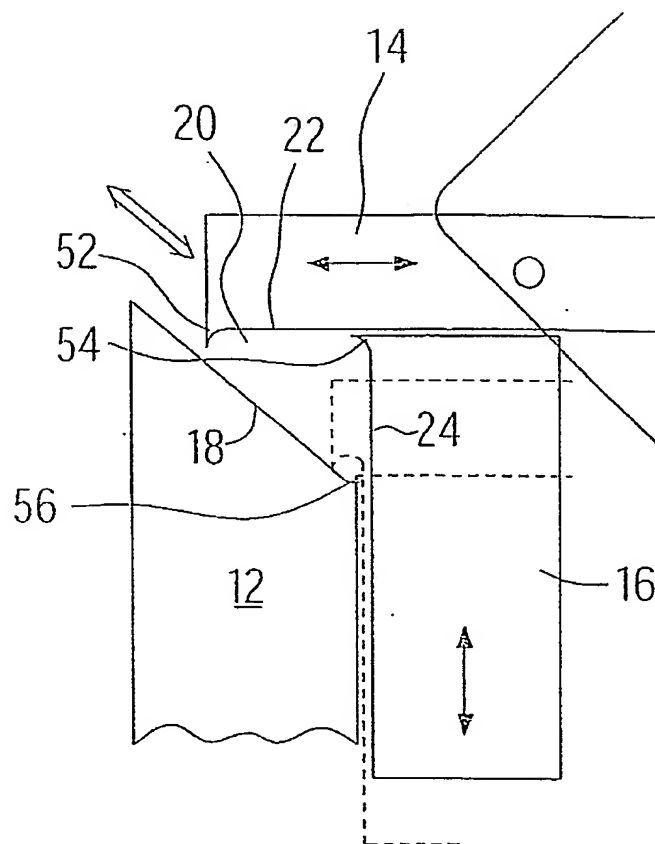


Fig.3

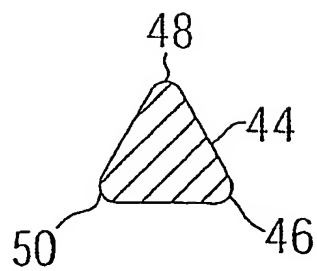


Fig.4



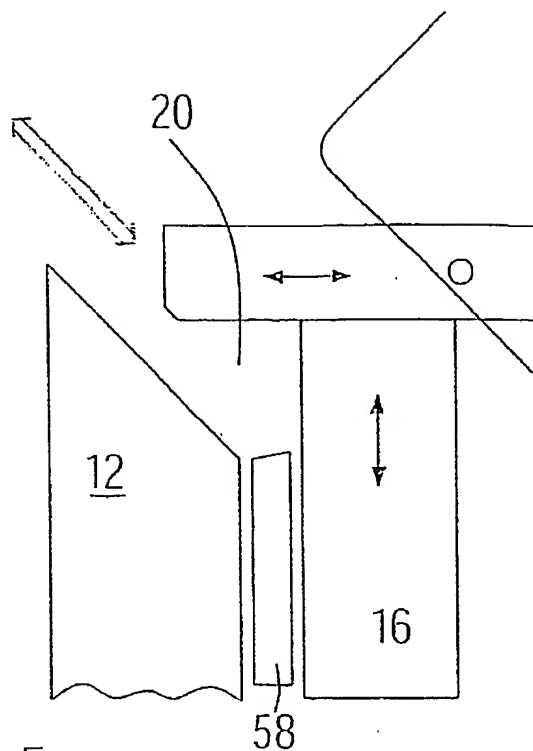


Fig.5

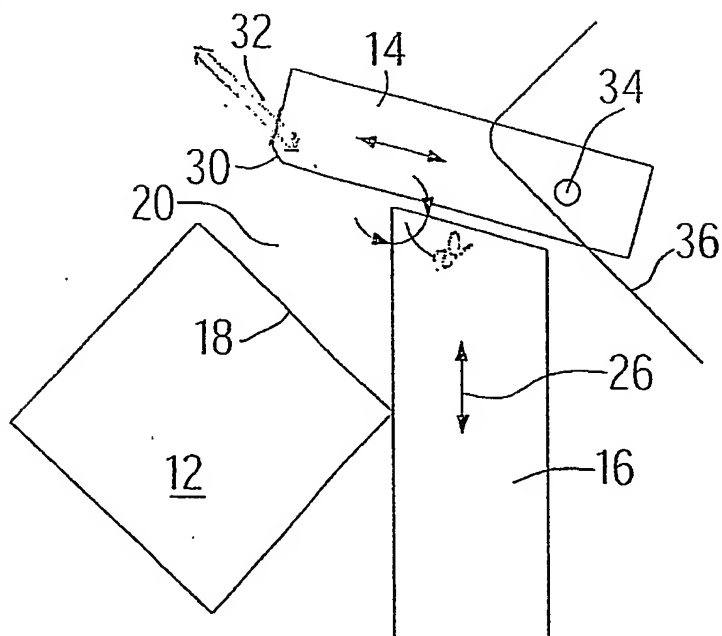


Fig.6

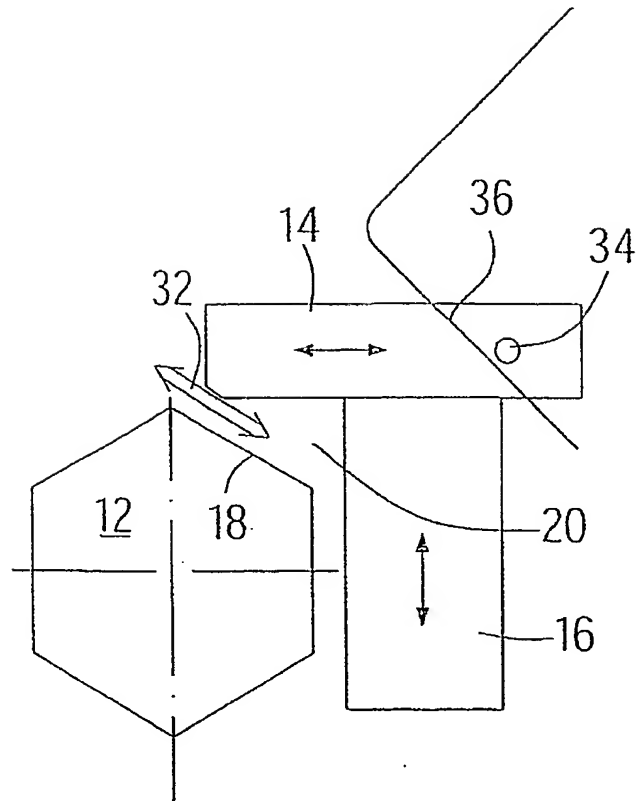


Fig.7

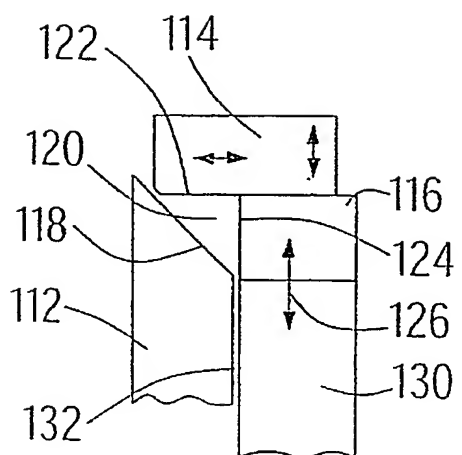


Fig.8

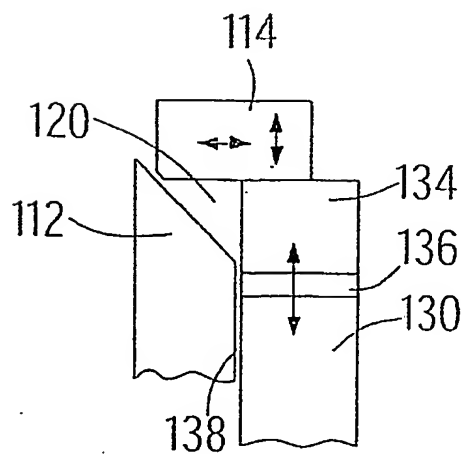


Fig.9

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**